

Руководства по безопасности

в области использования атомной энергии

МЕТОДИКА КАТЕГОРИРОВАНИЯ ЗАКРЫТЫХ РАДИОНУКЛИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ

РБ – 042 – 07



НТЦ ЯРБ

gost.e-ecolog.ru

Федеральная служба
по экологическому, технологическому
и атомному надзору

РУКОВОДСТВА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

Утверждено
постановлением
Федеральной службы
по экологическому,
технологическому
и атомному надзору
от 27 декабря 2007 г.
№ 6

МЕТОДИКА КАТЕГОРИРОВАНИЯ ЗАКРЫТЫХ РАДИОНУКЛИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ

РБ-042-07

Введено в действие
с 1 марта 2008 г.

Москва 2007

УДК 621.039

МЕТОДИКА КАТЕГОРИРОВАНИЯ ЗАКРЫТЫХ РАДИОНУКЛИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ

РБ-042-07

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору
Москва, 2007

Настоящее руководство по безопасности содержит методику категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности.

Методика основана на системе категорирования, приведенной в публикациях Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), и предназначена для создания единой основы обеспечения дифференцированного (соразмерного с потенциальной радиационной опасностью закрытых радионуклидных источников) подхода к разработке и реализации мер по обеспечению безопасности и сохранности закрытых радионуклидных источников и физической защиты радиационно опасных объектов (радиационных источников) организаций, осуществляющих деятельность в области использования атомной энергии в промышленности, сельском хозяйстве, медицине, строительстве, образовании, при проведении научных исследований и т.д.

Выпускается впервые*.

---

* Разработку осуществил коллектив в составе: Рубцов П.М., Мусорин А.И., Радченко В.Е., Бацулин А.А. (НТЦ ЯРБ), Река В.Я. (Ростехнадзор).

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящее руководство по безопасности "Методика категорирования закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности" (далее – методика категорирования ЗРнИ) содержит способы, методы и критерии отнесения ЗРнИ[1] к одной из установленных настоящим Руководством категорий ЗРнИ по потенциальной радиационной опасности (далее – категория опасности ЗРнИ).

1.2. Методика категорирования ЗРнИ основана на системе категорирования, приведенной в публикациях Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), и предназначена для создания единой основы обеспечения дифференцированного (соразмерного с потенциальной радиационной опасностью ЗРнИ) подхода к разработке и реализации мер по обеспечению безопасности и сохранности ЗРнИ и физической защиты объектов их применения[2].

1.3. Настоящее Руководство предназначено для лиц и организаций, осуществляющих деятельность в области использования атомной энергии с использованием ЗРнИ, выполняющих работы и предоставляющих услуги, а также для должностных лиц и специалистов органов государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии в части, касающейся регулирования безопасности и сохранности ЗРнИ и физической защиты объектов их применения, включая следующие основные направления:

- разработка регулирующих (нормативных) документов по обеспечению безопасности и сохранности ЗРнИ и физической защиты объектов их применения;
- лицензирование видов деятельности в области использования атомной энергии, связанных с применением ЗРнИ;

---

[1] Здесь и далее аббревиатура ЗРнИ используется только в тех случаях, когда речь идет именно о закрытых радионуклидных источниках в соответствии с определением, данным в НРБ-99. В иных случаях в целях упрощения восприятия текста используются понятия "источник" или "радионуклидный источник".

[2] При необходимости методику можно применять и для категорирования открытых радионуклидных источников.

- государственный надзор и контроль за безопасностью и сохранностью ЗРнИ и физической защитой объектов их применения;
- государственный надзор за функционированием системы государственного учета и контроля радиоактивных веществ и радиоактивных отходов в части учета и контроля ЗРнИ;
- государственный надзор и контроль за импортом и экспортом ЗРнИ, в том числе в составе радиационных источников (установок, аппаратов, изделий и т.п.);
- государственный надзор и контроль за состоянием готовности поднадзорных организаций к ликвидации радиационных аварий;
- разработка мер по восстановлению контроля над бесхозными ЗРнИ;
- предоставление широкой общественности объективной информации о потенциальной радиационной опасности, которую могут представлять ЗРнИ, если не обеспечены меры по их безопасности и сохранности.

1.4. Приложения 1 и 2 к настоящему Руководству являются его неотъемлемой частью и имеют тот же статус, что и основной текст. Добавления 1, 2 и 3, примечания, сноски и библиографические ссылки содержат дополнительную информацию, полезную для специалистов в области радиационной безопасности.

2. КАТЕГОРИРОВАНИЕ ЗАКРЫТЫХ РАДИОНУКЛИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ

2.1. *Концепция "опасного источника"*

2.1.1. Система категорирования ЗРнИ базируется на их потенциальной способности быть причиной детерминированных эффектов для здоровья человека и основана на концепции (понятии) "опасного источника", определенного как источник, который, если он не находится под должным контролем, может при-

водить к облучению людей, достаточному для возникновения тяжелых детерминированных эффектов[3].

2.1.2. Понятие "опасного источника" преобразовано в операционные (рабочие) параметры путем вычисления такого количества радиоактивного вещества (в единицах активности) для отдельных радионуклидов, названного *D*-величиной, которое может приводить к тяжелым детерминированным эффектам для набора наиболее типичных сценариев и путей облучения.

ЗРнИ, если не нарушена их целостность или герметичность, могут приводить только к внешнему радиационному облучению. Однако поврежденные или негерметичные ЗРнИ так же, как и открытые радионуклидные источники, могут быть причиной загрязнения окружающей среды и поступления радиоактивных веществ в организм человека, вызывая внутреннее облучение. Поэтому при вычислении значений *D*-величин рассматривались две группы сценариев (путей) облучения:

- сценарии облучения от недиспергированного (герметизированного) радиоактивного вещества, для которых вычислялось значение D_1-величины;
- сценарии облучения от диспергированного радиоактивного вещества, для которых вычислялось значение D_2-величины.

В качестве значения *D*-величины для каждого радионуклида выбиралось минимальное из двух значений (D_1 и D_2).

Значения *D*-величин для различных радионуклидов приведены в приложении 1. Краткое описание сценариев и путей облучения, рассмотренных при вычислении значений *D*-величин, представлено в добавлении 1, краткое описание методологии выбора и обоснования значений *D*-величин – в добавлении 2.

---

[3] Детерминированный эффект определяется как радиационный эффект для здоровья человека, для которого обычно существует пороговый уровень дозы, выше которого тяжесть проявления этого эффекта возрастает с увеличением дозы. Такой эффект характеризуется как тяжелый детерминированный эффект, если он приводит к смерти человека, или угрожает его жизни, или приводит к невозместимому вреду, снижающему качество жизни.

2.2. *Нормирующий фактор (D-величина) и границы категорий опасности закрытых радионуклидных источников*

2.2.1. В качестве основных операционных (рабочих) параметров в системе категорирования ЗРнИ приняты значения *D*-величин, которые являются нормирующими факторами, использующимися для разделения широкого диапазона активностей ЗРнИ различного радионуклидного состава с целью ранжирования ЗРнИ по потенциальной радиационной опасности путем отнесения их к одной из категорий опасности ЗРнИ.

2.2.2. Критерием отнесения конкретного ЗРнИ к одной из установленных категорий опасности ЗРнИ служит безразмерная величина, называемая в настоящем Руководстве *A/D*-отношением. Значение *A/D*-отношения вычисляется путем деления активности *A* материнского радионуклида ЗРнИ на соответствующее значение *D*-величины для данного радионуклида.

2.2.3. Согласно определению *D*-величины, ЗРнИ с активностью большей, чем *D*-величина, могут быть причиной тяжелых детерминированных эффектов, поэтому отношение активностей $A/D = 1$ рассматривается в системе категорирования как основная логическая граница, разделяющая весь диапазон активностей ЗРнИ на две условные категории: "опасные" – $A/D \geq 1$ и "неопасные" – $A/D < 1$.

Для более детального категорирования ЗРнИ на основании международного опыта, обобщенного экспертами МАГАТЭ, выбраны еще три граничных значения *A/D*-отношений:

1. $A/D = 10$ – поскольку активность ЗРнИ, в 10 раз большая, чем значение *D*-величины, может приводить к повышению угрозы для жизни людей за счет облучения в относительно короткий период времени;
2. $A/D = 1000$ – на основе опыта эксплуатации, профессиональных оценок и уроков, извлеченных из рассмотрения известных аварий;
3. $A/D = 0{,}01$ – на основе опыта эксплуатации, профессиональных оценок и уроков, извлеченных из рассмотрения известных аварий.

2.2.4. Значения *A/D*-отношений следует использовать для отнесения ЗРнИ к одной из пяти "расчетных" категорий опасности ЗРнИ.

Установленные границы категорий опасности ЗРнИ:

Категория 1 $A/D \geq 1000$ Чрезвычайно опасно для человека

Категория 2 $10 \leq A/D < 1000$ Очень опасно для человека

Категория 3 $1 \leq A/D < 10$ Опасно для человека

Категория 4 $0{,}01 \leq A/D < 1$ Опасность для человека маловероятна

Категория 5 $A/D < 0{,}01$ Опасность для человека очень маловероятна

Примечание. Нижняя граница категории 5 определяется условиями освобождения от регулирующего контроля, установленными в ОСПОРБ-99 (п. 1.8).

2.3. *Категорирование закрытых радионуклидных источников на основе одного радионуклида*

2.3.1. Исходными данными для категорирования ЗРнИ являются:

- паспортная активность ЗРнИ (начальная активность ЗРнИ на дату изготовления);
- D-величина для радионуклида ЗРнИ (табл. П.1 приложения 1);
- дата определения категории опасности ЗРнИ.

2.3.2. Категория опасности ЗРнИ, изготовленного на основе одного радионуклида, определяется (устанавливается) в несколько этапов в соответствии с пп. 2.3.3 – 2.3.5.

2.3.3. На первом этапе следует определить активность A ЗРнИ на дату категорирования.

Если период полураспада радионуклида ЗРнИ больше назначенного срока службы, при определении категории опасности ЗРнИ рекомендуется использовать его паспортную активность.

Если период полураспада радионуклида ЗРнИ меньше назначенного срока службы, при определении категории опасности ЗРнИ:

- для ЗРнИ, с даты изготовления которого прошло менее одного периода полураспада, следует использовать паспортную активность ЗРнИ;
- для ЗРнИ, с даты изготовления которого прошло более одного периода полураспада, следует вычислить ак-

тивность ЗРнИ (по материнскому радионуклиду) на дату категорирования.

При отсутствии паспортных данных ЗРнИ (например, в случае обнаружения бесхозного ЗРнИ) радионуклид и активность ЗРнИ следует определить по результатам непосредственных измерений.

2.3.4. На втором этапе следует вычислить *A/D*-отношение для ЗРнИ на основе активности *A*, определенной на предыдущем этапе, и значения *D*-величины для радионуклида данного ЗРнИ (табл. П.1 приложения 1).

2.3.5. На третьем этапе на основании вычисленного в соответствии с п. 2.3.4 значения *A/D*-отношения следует определить "расчетную" категорию опасности ЗРнИ в соответствии с установленными в п. 2.2.4 границами категорий опасности ЗРнИ.

2.3.6. Если в табл. П.1 приложения 1 для радионуклида ЗРнИ указано, что значение *D*-величины "Неограниченно", данный ЗРнИ следует относить к категории опасности ЗРнИ 5, при условии, что он подлежит регулирующему контролю в соответствии с требованиями ОСПОРБ-99 (п. 1.8).

2.4. *Категорирование совокупности закрытых радионуклидных источников*

2.4.1. Возможны ситуации, когда несколько ЗРнИ находятся в непосредственной близости друг от друга, например, используются в едином производственном процессе (например, в одной установке, аппарате, блоке источников).

В таких ситуациях возможно проявление радиационного воздействия одновременно от всей совокупности (агрегации) ЗРнИ. С целью установления единого комплекса организационных и технических мер по обеспечению безопасности и сохранности этих ЗРнИ следует устанавливать единую категорию опасности для всей совокупности ЗРнИ.

2.4.2. Если ЗРнИ, входящие в состав подобной совокупности, изготовлены на основе одного и того же радионуклида, для определения категории опасности совокупности ЗРнИ рекомендуется следующий порядок действий:

- определить активность каждого ЗРнИ в соответствии с п. 2.3.3;

- вычислить суммарную активность совокупности ЗРнИ;
- вычислить агрегированное *A/D*-отношение путем деления значения суммарной активности совокупности ЗРнИ на значение *D*-величины радионуклида;
- определить на основе вычисленного агрегированного *A/D*-отношения "расчетную" категорию опасности совокупности ЗРнИ в соответствии с установленными в п. 2.2.4 границами категорий опасности ЗРнИ.

2.4.3. Если ЗРнИ, входящие в состав подобной совокупности, изготовлены на основе различных радионуклидов, для определения категории опасности совокупности ЗРнИ рекомендуется следующий порядок действий:

- определить активность каждого ЗРнИ в соответствии с п. 2.3.3;
- вычислить агрегированное *A/D*-отношение в соответствии с формулой:

агрегированное *A/D*-отношение = $\sum_n \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n}$,

где $A_{i,n}$ – активность *n*-го радионуклида в *i*-м ЗРнИ;

D_n – значение *D*-величины для *n*-го радионуклида;

- определить на основе вычисленного агрегированного *A/D*-отношения "расчетную" категорию опасности совокупности ЗРнИ в соответствии с установленными в п. 2.2.4 границами категорий опасности ЗРнИ.

Приложение 1

Значения *D*-величин для радионуклидов

Значения *D*-величин по мере их разработки представлялись в ряде последовательных публикаций МАГАТЭ [1-5].

Приведенные в приложении значения *D*-величин для различных радионуклидов (табл. П.1) заимствованы из публикации МАГАТЭ [5].

Таблица П.1

Значения *D*-величин для радионуклидов

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
1	Тритий	H-3	2,E+03	12,3 лет
2	Бериллий	Be-7	1,E+00	53,3 сут
3		Be-10	3,E+01	1,60E+6 лет
4	Углерод	C-11	6,E-02	0,34 ч
5		C-14	5,E+01	5,73E+3 лет
6	Азот	N-13	6,E-02	0,166 ч
7	Фтор	F-18	6,E-02	1,83 ч
8	Натрий	Na-22	3,E-02	2,60 лет
9		Na-24	2,E-02	15,00 ч
10	Магний	Mg-28	2,E-02	20,91 ч
11	Алюминий	Al-26	3,E-02	7,16E+5 лет
12	Кремний	Si-31	1,E+01	2,62 ч
13		Si-32+	7,E+00	4,50E+2 лет
14	Фосфор	P-32	1,E+01	14,3 сут
15		P-33	2,E+02	25,4 сут
16	Сера	S-35	6,E+01	87,4 сут
17	Хлор	Cl-36	2,E+01 [2]	3,01E+5 лет
18		Cl-38	5,E-02	0,62 ч
19	Аргон	Ar-37	Неограниченно [3]	35,02 сут
20		Ar-39	3,E+02	269 лет
21		Ar-41	5,E-02	1,827 ч
22	Калий	K-40	Неограниченно [3]	1,28E+9 лет
23		K-42	2,E-01	12,36 ч

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
24		K-43	7,E-02	22,6 ч
25	Кальций	Ca-41	Неограниченно [3]	1,40E+5 лет
26		Ca-45	1,E+02	163 сут
27		Ca-47+	6,E-02	4,53 сут
28	Скандий	Sc-44	3,E-02	3,93 ч
29		Sc-46	3,E-02	83,8 сут
30		Sc-47	7,E-01	3,35 сут
31		Sc-48	2,E-02	1,82 сут
32	Титан	Ti-44+	3,E-02	47,3 лет
33	Ванадий	V-48	2,E-02	16,2 сут
34		V-49	2,E+03	330 сут
35	Хром	Cr-51	2,E+00	27,7 сут
36	Марганец	Mn-52	2,E-02	5,59 сут
37		Mn-53	Неограниченно [3]	3,70E+6 лет
38		Mn-54	8,E-02	312 сут
39		Mn-56	4,E-02	2,58 ч
40	Железо	Fe-52+	2,E-02	8,28 ч
41		Fe-55	8,E+02	2,70 лет
42		Fe-59	6,E-02	44,5 сут
43		Fe-60+	6,E-02	1,00E+5 лет
44	Кобальт	Co-55+	3,E-02	17,54 ч
45		Co-56	2,E-02	78,7 сут
46		Co-57	7,E-01	271 сут
47		Co-58	7,E-02	70,8 сут
48		Co-58m+	7,E-02	9,15 ч
49		Co-60	3,E-02	5,27 лет
50	Никель	Ni-59	1,E+03 [2]	7,50E+4 лет
51		Ni-63	6,E+01	96,0 лет
52		Ni-65	1,E-01	2,52 ч
53	Медь	Cu-64	3,E-01	12,7 ч
54		Cu-67	7,E-01	2,58 сут
55	Цинк	Zn-65	1,E-01	244 сут.
56		Zn-69	3,E+01	0,95 ч
57		Zn-69m+	2,E-01	13,76 ч
58	Галлий	Ga-67	5,E-01	3,26 сут
59		Ga-68	7,E-02	1,13 ч

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
60		Ga-72	3,E-02	14,1 ч
61	Германий	Ge-68+	7,E-02	288 сут
62		Ge-71	1,E+03	11,8 сут
63		Ge-77+	6,E-02	11,3 ч
64	Мышьяк	As-72	4,E-02	1,08 сут
65		As-73	4,E+01	80,3 сут
66		As-74	9,E-02	17,8 сут
67		As-76	2,E-01	1,10 сут
68		As-77	8,E+00	1,62 сут
69	Селен	Se-75	2,E-01	120 сут.
70		Se-79	2,E+02	6,50E+4 лет
71	Бром	Br-76	3,E-02	16,2 ч
72		Br-77	2,E-01	2,33 сут
73		Br-82	3,E-02	1,47 сут
74	Криптон	Kr-81	3,E+01	2,1E+5 лет
75		Kr-85	3,E+01	10,72 лет
76		Kr-85m	5,E-01	4,48 ч
77		Kr-87	9,E-02	1,27 ч
78	Рубидий	Rb-81	1,E-01	4,58 ч
79		Rb-83	1,E-01	86,2 сут
80		Rb-84	7,E-02	32,8 сут
81		Rb-86	7,E-01	18,6 сут
82		Rb-87	Неограниченно [3]	4,7E+10 лет
83	Стронций	Sr-82	6,E-02	25,0 сут
84		Sr-85	1,E-01	64,8 сут
85		Sr-85m+	1,E-01	1,16 ч
86		Sr-87m	2,E-01	2,80 ч
87		Sr-89	2,E+01	50,5 сут
88		Sr-90+	1,E+00	29,1 лет
89		Sr-91+	6,E-02	9,50 ч
90		Sr-92+	4,E-02	2,71 ч
91	Иттрий	Y-87+	9,E-02	3,35 сут
92		Y-88	3,E-02	107 сут.
93		Y-90	5,E+00	2,67 сут
94		Y-91	8,E+00	58,5 сут
95		Y-91m+	1,E-01	0,828 ч
96		Y-92	2,E-01	3,54 ч
97		Y-93	6,E-01	10,1 ч

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
98	Цирконий	Zr-88+	2,E-02	83,4 сут
99		Zr-93+	Неограниченно [3]	1,53E+6 лет
100		Zr-95+	4,E-02	64,0 сут
101		Zr-97+	4,E-02	16,90 ч
102	Ниобий	Nb-93m	3,E+02	13,6 лет
103		Nb-94	4,E-02	2,03E+4 лет
104		Nb-95	9,E-02	35,1 сут
105		Nb-97	1,E-01	1,20 ч
106	Молибден	Mo-93+	3,E+02 [2]	3,50E+3 лет
107		Mo-99+	3,E-01	2,75 сут
108	Технеций	Tc-95m	1,E-01	61,0 сут
109		Tc-96	3,E-02	4,28 сут
110		Tc-96m+	3,E-02	0,858 ч
111		Tc-97	Неограниченно [3]	5,25E+7 лет
112		Tc-97m	4,E+01	87,0 сут
113		Tc-98	5,E-02	4,20E+6 лет
114		Tc-99	3,E+01	2,13E+5 лет
115		Tc-99m	7,E-01	6,02 ч
116	Рутений	Ru-97	3,E-01	2,90 сут
117		Ru-103+	1,E-01	39,3 сут
118		Ru-105+	8,E-02	4,44 ч
119		Ru-106+	3,E-01	1,01 лет
120	Родий	Rh-99	1,E-01	16,0 сут
121		Rh-101	3,E-01	3,20 лет
122		Rh-102	3,E-02	2,90 лет
123		Rh-102m	1,E-01	207 сут
124		Rh-103m	9,E+02	0,935 ч
125		Rh-105	9,E-01	1,47 сут
126	Палладий	Pd-103+	9,E+01	17,0 сут
127		Pd-107	Неограниченно [3]	6,50E+6 лет
128		Pd-109	2,E+01	13,4 ч
129	Серебро	Ag-105	1,E-01	41,0 сут
130		Ag-108m	4,E-02	1,27E+2 лет
131		Ag-110m	2,E-02	250 сут
132		Ag-111	2,E+00	7,45 сут

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
133	Кадмий	Cd-109	2,E+01	1,27 лет
134		Cd-113m	4,E+01	13,6 лет
135		Cd-115+	2,E-01	2,23 сут
136		Cd-115m	3,E+00	44,6 сут
137	Индий	In-111	2,E-01	2,83 сут
138		In-113m	3,E-01	1,66 ч
139		In-114m	8,E-01	49,5 сут
140		In-115m	4,E-01	4,49 ч
141	Олово	Sn-113+	3,E-01	115 сут
142		Sn-117m	5,E-01	13,6 сут
143		Sn-119m	7,E+01	293 сут
144		Sn-121m+	7,E+01	55,0 лет
145		Sn-123	7,E+00	129 сут
146		Sn-125	1,E-01	9,64 сут
147		Sn-126+	3,E-02	1,00E+5 лет
148	Сурьма	Sb-122	1,E-01	2,70 сут
149		Sb-124	4,E-02	60,2 сут
150		Sb-125+	2,E-01	2,77 лет
151		Sb-126	2,E-02	12,4 сут
152	Теллур	Te-121	1,E-01	17,0 сут
153		Te-121m+	1,E-01	154 сут
154		Te-123m	6,E-01	120 сут
155		Te-125m	1,E+01	58,0 сут
156		Te-127	1,E+01	9,35 ч
157		Te-127m+	3,E+00	109 сут
158		Te-129	1,E+00	1,16 ч
159		Te-129m+	1,E+00	33,6 сут
160		Te-131m+	4,E-02	1,25 сут
161		Te-132+	3,E-02	3,26 сут
162	Йод	I-123	5,E-01	13,2 ч
163		I-124	6,E-02	4,18 сут
164		I-125	2,E-01	60,1 сут
165		I-126	1,E-01	13,0 сут
166		I-129	Неограниченно [3]	1,57E+7 лет
167		I-131	2,E-01	8,04 сут
168		I-132	3,E-02	2,30 ч
169		I-133	1,E-01	20,8 ч
170		I-134	3,E-02	0,876 ч

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
171		I-135	4,E-02	6,61 ч
172	Ксенон	Xe-122	6,E-02	20,1 ч
173		Xe-123+	9,E-02	2,08 ч
174		Xe-127	3,E-01	36,41 сут
175		Xe-131m	1,E+01	11,9 сут
176		Xe-133	3,E+00	5,245 сут
177		Xe-135	3,E-01	9,09 ч
178	Цезий	Cs-129	3,E-01	1,34 сут
179		Cs-131	2,E+01	9,69 сут
180		Cs-132	1,E-01	6,48 сут
181		Cs-134	4,E-02	2,06 лет
182		Cs-134m+	4,E-02	2,90 ч
183		Cs-135	Неограниченно [3]	2,30E+6 лет
184		Cs-136	3,E-02	13,1 сут
185		Cs-137+	1,E-01	30,0 лет
186	Барий	Ba-131+	2,E-01	11,8 сут
187		Ba-133	2,E-01	10,7 лет
188		Ba-133m	3,E-01	1,62 сут
189		Ba-140+	3,E-02	12,7 сут
190	Лантан	La-137	2,E+01	6,00E+4 лет
191		La-140	3,E-02	1,68 сут
192	Церий	Ce-139	6,E-01	138 сут
193		Ce-141	1,E+00	32,5 сут
194		Ce-143+	3,E-01	1,38 сут
195		Ce-144+	9,E-01	284 сут
196	Празеодим	Pr-142	1,E+00	19,13 ч
197		Pr-143	3,E+01	13,6 сут
198	Неодим	Nd-147+	6,E-01	11,0 сут
199		Nd-149+	2,E-01	1,73 ч
200	Прометий	Pm-143	2,E-01	265 сут
201		Pm-144	4,E-02	363 сут
202		Pm-145	1,E+01	17,7 лет
203		Pm-147	4,E+01	2,62 лет
204		Pm-148m	3,E-02	41,3 сут
205		Pm-149	6,E+00	2,21 сут
206		Pm-151	2,E-01	1,18 сут
207	Самарий	Sm-145+	4,E+00	340 сут

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
208		Sm-147	Неограниченно [3]	1,1E+11 лет
209		Sm-151	5,E+02	90,0 лет
210		Sm-153	2,E+00	1,95 сут
211	Европий	Eu-147	2,E-01	24,0 сут
212		Eu-148	3,E-02	54,5 сут
213		Eu-149	2,E+00	93,1 сут
214		Eu-150b	2,E+00	12,62 ч
215		Eu-150a	5,E-02	34,2 лет
216		Eu-152	6,E-02	13,3 лет
217		Eu-152m	2,E-01	9,32 ч
218		Eu-154	6,E-02	8,80 лет
219		Eu-155	2,E+00	4,96 лет
220		Eu-156	5,E-02	15,2 сут
221	Гадолиний	Gd-146+	3,E-02	48,3 сут
222		Gd-148	4,E-01	93,0 лет
223		Gd-153	1,E+00	242 сут
224		Gd-159	2,E+00	18,56 ч
225	Тербий	Tb-157	1,E+02	1,50E+2 лет
226		Tb-158	9,E-02	1,50E+2 лет
227		Tb-160	6,E-02	72,3 сут
228	Диспрозий	Dy-159	6,E+00	144 сут
229		Dy-165	3,E+00	2,33 ч
230		Dy-166+	1,E+00	3,40 сут
231	Гольмий	Ho-166	2,E+00	1,12 сут
232		Ho-166m	4,E-02	1,20E+3 лет
233	Эрбий	Er-169	2,E+02	9,30 сут
234		Er-171	2,E-01	7,52 ч
235	Тулий	Tm-167	6,E-01	9,24 сут
236		Tm-170	2,E+01	129 сут
237		Tm-171	3,E+02	1,92 лет
238	Иттербий	Yb-169	3,E-01	32,0 сут
239		Yb-175	2,E+00	4,19 сут
240	Лютеций	Lu-172	4,E-02	6,70 сут
241		Lu-173	9,E-01	1,37 лет
242		Lu-174	8,E-01	3,31 лет
243		Lu-174m+	6,E-01	142 сут
244		Lu-177	2,E+00	6,71 сут
245	Гафний	Hf-172+	4,E-02	1,87 лет

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
246		Hf-175	2,E-01	70,0 сут
247		Hf-181	1,E-01	42,4 сут
248		Hf-182+	5,E-02	9,00E+6 лет
249		Ta-178a	7,E-02	2,2 ч
250	Тантал	Ta-179	6,E+00	1,82 лет
251		Ta-182	6,E-02	115 сут
252		W-178	9,E-01	21,7 сут
253		W-181	5,E+00	121 сут
254	Вольфрам	W-185	1,E+02	75,1 сут
255		W-187	1,E-01	23,9 ч
256		W-188+	1,E+00	69,4 сут
257		Re-184	8,E-02	38,0 сут
258		Re-184m+	7,E-02	165 сут
259		Re-186	4,E+00	3,78 сут
260	Рений	Re-187	Неограниченно [3]	5,0E+10 лет
261		Re-188	1,E+00	16,98 ч
262		Re-189	1,E+00	1,01 сут
263		Os-185	1,E-01	94,0 сут
264		Os-191	2,E+00	15,4 сут
265	Осмий	Os-191m+	1,E+00	13,0 ч
266		Os-193	1,E+00	1,25 сут
267		Os-194+	7,E-01	6,00 лет
268		Ir-189	1,E+00	13,3 сут
269	Иридий	Ir-190	5,E-02	12,1 сут
270		Ir-192	8,E-02	74,0 сут
271		Ir-194	7,E-01	19,15 ч
272		Pt-188+	4,E-02	10,2 сут
273		Pt-191	3,E-01	2,80 сут
274		Pt-193	3,E+03	50,0 лет
275	Платина	Pt-193m	1,E+01	4,33 сут
276		Pt-195m	2,E+00	4,02 сут
277		Pt-197	4,E+00	18,3 ч
278		Pt-197m+	9,E-01	1,57 ч
279		Au-193	6,E-01	17,6 ч
280		Au-194	7,E-02	1,64 сут
281	Золото	Au-195	2,E+00	183 сут
282		Au-198	2,E-01	2,69 сут
283		Au-199	9,E-01	3,14 сут

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
284	Ртуть	Hg-194+	7,E-02	2,60E+2 лет
285		Hg-195m+	2,E-01	1,73 сут
286		Hg-197	2,E+00	2,67 сут
287		Hg-197m+	7,E-01	23,8 ч
288		Hg-203	3,E-01	46,6 сут
289	Таллий	Tl-200	5,E-02	1,09 сут
290		Tl-201	1,E+00	3,04 сут
291		Tl-202	2,E-01	12,2 сут
292		Tl-204	2,E+01	3,78 лет
293	Свинец	Pb-201+	9,E-02	9,40 ч
294		Pb-202+	2,E-01	3,00E+5 лет
295		Pb-203	2,E-01	2,17 сут
296		Pb-205	Неограниченно [3]	1,43E+7 лет
297		Pb-210+	3,E-01	22,3 лет
298		Pb-212+	5,E-02	10,64 ч
299	Висмут	Bi-205	4,E-02	15,3 сут
300		Bi-206	2,E-02	6,24 сут
301		Bi-207	5,E-02	38,0 лет
302		Bi-210+	8,E+00	5,01 сут
303		Bi-210m	3,E-01	3,00E+6 лет
304		Bi-212+	5,E-02	1,01 ч
305	Полоний	Po-210	6,E-02	138 сут
306	Астат	At-211	5,E-01	7,21 ч
307	Радон	Rn-222	4,E-02	3,82 сут
308	Радий	Ra-223+	1,E-01	11,4 сут
309		Ra-224+	5,E-02	3,66 сут
310		Ra-225+	1,E-01	14,8 сут
311		Ra-226+	4,E-02	1,60E+3 лет
312		Ra-228+	3,E-02	5,75 лет
313	Актиний	Ac-225	9,E-02	10,0 сут
314		Ac-227+	4,E-02	21,8 лет
315		Ac-228	3,E-02	6,13 ч
316	Торий	Th-227+	8,E-02	18,7 сут
317		Th-228+	4,E-02	1,91 лет
318		Th-229+	1,E-02	7,34E+3 лет
319		Th-230+	7,E-02 [2]	7,70E+4 лет
320		Th-231	1,E+01	1,06 сут

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
321		Th-232+	Неограниченно [3]	1,4E+10 лет
322		Th-234+	2,E+00	24,1 сут
323	Протактиний	Pa-230+	1,E-01	17,4 сут
324		Pa-231+	6,E-02	3,27E+4 лет
325		Pa-233	4,E-01	27,0 сут
326	Уран	U-230+	4,E-02	20,8 сут
327		U-232+	6,E-02 [2]	72,0 лет
328		U-233	7,E-02 [4]	1,58E+5 лет
329		U-234+	1,E-01 [4]	2,44E+5 лет
330		U-235+	8,E-05 [4]	7,04E+8 лет
331		U-236	2,E-01 [2]	2,34E+7 лет
332		U-238+	Неограниченно [3]	4,47E+9 лет
333		U природный	Неограниченно [3]	–
334		U обедненный	Неограниченно [3]	–
335		U (10-20 %)	8,E-04 [4]	–
336		U (>20 %)	8,E-05 [4]	–
337	Нептуний	Np-235	1,E+02	1,08 лет
338		Np-236b+	7,E-03	1,15E+5 лет
339		Np-236a	8,E-01	22,5 ч
340		Np-237+	7,E-02	2,14E+6 лет
341		Np-239	5,E-01	2,36 сут
342	Плутоний	Pu-236	1,E-01	2,85 лет
343		Pu-237	2,E+00	45,3 сут
344		Pu-238	6,E-02	87,7 лет
345		Pu-239	6,E-02	2,41E+4 лет
346		Pu-239/Be-9	6,E-02 [5]	2,41E+4 лет
347		Pu-240	6,E-02	6,54E+3 лет
348		Pu-241+	3,E+00	14,4 лет
349		Pu-242	7,E-02 [2], [4]	3,76E+5 лет
350		Pu-244+	3,E-04 [2], [4]	8,26E+7 лет
351	Америций	Am-241	6,E-02	4,32E+2 лет

№ п/п	Радионуклид [1]		Значение *D*-величины, ТБк	Период полураспада
352		Am-241/Be-9	6,E-02 [5]	4,32E+2 лет
353		Am-242m+	3,E-01	1,52E+2 лет
354		Am-243+	2,E-01	7,38E+3 лет
355		Am-244	9,E-02	10,1 ч
356	Кюрий	Cm-240	3,E-01	27,0 сут
357		Cm-241+	1,E-01	32,8 сут
358		Cm-242	4,E-02	163 сут
359		Cm-243	2,E-01	28,5 лет
360		Cm-244	5,E-02	18,1 лет
361		Cm-245	9,E-02 [4]	8,50E+3 лет
362		Cm-246	2,E-01	4,73E+3 лет
363		Cm-247	1,E-03 [4]	1,56E+7 лет
364		Cm-248	5,E-03	3,39E+5 лет
365	Берклий	Bk-247	8,E-02	1,38E+3 лет
366		Bk-249	1,E+01	320 сут
367	Калифорний	Cf-248+	1,E-01	334 сут
368		Cf-249	1,E-01	3,50E+2 лет
369		Cf-250	1,E-01	13,1 лет
370		Cf-251	1,E-01	8,98E+2 лет
371		Cf-252	2,E-02	2,64 лет
372		Cf-253	4,E-01	17,8 сут
373		Cf-254	3,E-04	60,5 сут

Примечания.

[1] Для всех радионуклидов при вычислении *D*-величин учитывалось накопление радиоактивных (дочерних) продуктов распада. Радионуклиды, для которых дочерние продукты распада вносили существенный вклад в поглощенную дозу для рассмотренных сценариев облучения, отмечены знаком «+» в колонке 3.

[2] При аварийных ситуациях, сопровождающихся выбросом в атмосферу радионуклида в таком количестве, его концентрация в воздухе может превысить уровень, непосредственно опасный для жизни и здоровья людей (IDLH – Immediate

Dangerous to Life or Health) вследствие высокой химической токсичности.

[3] Значение *D*-величины неограниченно. Данный радионуклид вследствие малой удельной активности не может быть причиной тяжелых детерминированных эффектов, и ЗРнИ, изготовленные на его основе, следует относить к категории опасности ЗРнИ 5. При аварийных ситуациях, сопровождающихся выбросом в атмосферу этого радионуклида в больших количествах, его концентрация в воздухе может превысить уровень, непосредственно опасный для жизни и здоровья людей (IDLH), например, вследствие высокой химической токсичности.

[4] *D*-величина вычислена, исходя из предела критичности, установленного для данного радионуклида. Для всех радионуклидов, способных поддерживать цепную реакцию деления, при выборе *D*-величин учитывалась активность, соответствующая пределу предотвращения критичности (см. добавление 2).

[5] Для источников нейтронного излучения Pu-239/Be-9 и Am-241/Be-9, действие которых основано на (α,*n*)-реакции, *D*-величина соответствует опасной активности радионуклидов Pu-239 и Am-241 как альфа-излучателей.

Приложение 2

Упрощенное описание категорий опасности закрытых радионуклидных источников

В табл. П.2 настоящего приложения представлено упрощенное описание категорий опасности ЗРнИ в соответствии с публикацией [4]. Приведенный ниже текст может быть использован специалистами в области радиационной безопасности (включая должностных лиц и специалистов Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору) для разъяснения широкой общественности степени потенциальной радиационной опасности, которую могут представлять источники различных категорий в случае отсутствия надлежащих мер по обеспечению их безопасного применения и сохранности.

Система категорирования ЗРнИ по потенциальной радиационной опасности состоит из пяти категорий опасности. Такое число категорий считается достаточным для обеспечения практического применения системы категорирования для разнообразных целей и без обеспечения чрезмерной точности, которую сложно обосновать.

В этой системе категорирования полагается, что источники, относящиеся к категории опасности 1, наиболее опасны для здоровья человека, если при обращении с ними не обеспечены их безопасность и сохранность. Облучение от незащищенного источника категории в течение всего нескольких минут может привести к смерти человека.

Даже наименее опасные источники категории 5 могут привести к облучению человека свыше установленных пределов доз, при отсутствии надлежащих мер по обеспечению их безопасности и сохранности, поэтому они должны находиться под регулирующим контролем.

В табл. П.2 для каждой категории опасности источников рассмотрены два типа потенциальной радиационной опасности:

- опасность внешнего облучения при нахождении вблизи незащищенного (неэкранированного) герметизирован-

ного источника, включая опасность контактного облучения (например, в результате ношения источника в руках или в кармане);

- опасность облучения в случае диспергирования радиоактивного вещества источника, например, при пожаре, взрыве и других воздействиях.

Третий тип опасности (не указан в табл. П.2) связан с потенциальной возможностью загрязнения радионуклидами системы коммунального водоснабжения:

- крайне маловероятно загрязнение коммунального водоснабжения источником категории опасности 1 до опасных уровней, даже если радиоактивный материал источника хорошо растворим в воде;
- практически невозможно загрязнение коммунального водоснабжения до опасных уровней источниками категорий опасности 2, 3, 4 или 5.

Таблица П.2

Упрощенное описание категорий опасности ЗРнИ

Категория опасности источника	Опасность облучения при нахождении вблизи отдельного источника	Опасность облучения в случае диспергирования радиоактивного вещества источника в результате пожара, взрыва и других воздействий
1	**Чрезвычайно опасно для человека** Такой источник, если не обеспечивается его безопасное применение и сохранность, может быть причиной невозместимого вреда для человека, который брал его руками или иным образом контактировал с ним в течение более нескольких минут. Возможен смертельный исход, если человек находился вблизи такого незащищенного источника в течение периода времени от нескольких минут до 1 ч.	Такое количество радиоактивного вещества, если оно диспергировано, может, хотя это маловероятно, причинить невозместимый вред или представлять угрозу для жизни людей, находящихся в непосредственной близости. За пределами нескольких сотен метров опасность прямых эффектов для здоровья людей мала или отсутствует, но загрязненную территорию необходимо дезактивировать в соответствии с действующими нормами. Для источников большой активности размеры территории, подлежащей дезактивации, могут быть порядка 1 км^2 и более.
2	**Очень опасно для человека** Такой источник, если не обеспечивается его	Такое количество радиоактивного вещества, если оно диспергировано, может, хотя это крайне ма-

Категория опасности источника	Опасность облучения при нахождении вблизи отдельного источника	Опасность облучения в случае диспергирования радиоактивного вещества источника в результате пожара, взрыва и других воздействий
	безопасное применение и сохранность, может быть причиной невозместимого вреда для человека, который брал его руками или иным образом контактировал с ним в течение короткого времени (от нескольких минут до нескольких часов). Возможен смертельный исход, если человек находился вблизи такого незащищенного источника в течение периода времени от нескольких часов до нескольких дней.	ловероятно, причинить невозместимый вред или представлять угрозу для жизни людей, находящихся в непосредственный близости. За пределами 100 м (или около того) опасность прямых эффектов для здоровья людей мала или отсутствует, но загрязненную территорию необходимо дезактивировать в соответствии с действующими нормами. Размеры территории, подлежащей дезактивации, вероятно, не превысят 1 км^2.
3	**Опасно для человека** Такой источник, если не обеспечивается его безопасное применение и сохранность, может быть причиной невозместимого вреда для человека, который брал его руками или иным образом контактировал с ним в течение нескольких часов. Возможен, хотя это ма-	Такое количество радиоактивного вещества, если оно диспергировано, может, хотя это слишком маловероятно, причинить невозместимый вред или представлять угрозу для жизни людей, находящихся в непосредственный близости. За пределами нескольких метров опасность прямых эффектов для здоровья

Категория опасности источника	Опасность облучения при нахождении вблизи отдельного источника	Опасность облучения в случае диспергирования радиоактивного вещества источника в результате пожара, взрыва и других воздействий
	ловероятно, смертельный исход, если человек находился вблизи такого незащищенного источника в течение периода времени от нескольких дней до нескольких недель.	людей мала или отсутствует, но загрязненную территорию необходимо дезактивировать в соответствии с действующими нормами. Размеры территории, подлежащей дезактивации, вероятно, не превысят малой части 1 км^2.
4	**Опасность для человека маловероятна** Маловероятно, чтобы кому-либо был причинен невозместимый вред этим источником. Однако такой незащищенный источник, если не обеспечивается его безопасное применение и сохранность, может, хотя это маловероятно, причинить временный вред человеку, который брал его руками или иным образом контактировал с ним в течение многих часов или который находился вблизи источника в течение многих недель.	Такое количество радиоактивного вещества не может причинить невозместимый вред людям при диспергировании.

Категория опасности источника	Опасность облучения при нахождении вблизи отдельного источника	Опасность облучения в случае диспергирования радиоактивного вещества источника в результате пожара, взрыва и других воздействий
5	**Опасность для человека очень маловероятна** Никому не может быть причинен невозместимый вред таким источником.	Такое количество радиоактивного вещества никому не может причинить невозместимый вред при диспергировании.

Примечание.

В случае диспергирования радиоактивного вещества источников категорий опасности 1, 2 или 3, размер загрязненной территории подлежащей дезактивации, будет зависеть от многих факторов (включая активность, тип радионуклида, способ диспергирования, погодные условия и т.п.).

Добавление 1

Сценарии облучения, рассмотренные при вычислении значений *D*-величин

В настоящем добавлении приведено краткое описание сценариев и путей облучения, рассмотренных при вычислении значений *D*-величин. Сведения основаны на публикации [5], где эти сценарии и пути облучения описаны детально. Краткие сведения об основных факторах и допущениях, учтенных при вычислении значений *D*-величин, представлены в добавлении 2.

Значения *D*-величин для различных радионуклидов вычислены для набора типичных сценариев, которые могут приводить к облучению людей в результате потери контроля над радионуклидным источником. Сценарии разработаны экспертами МАГАТЭ с учетом опыта известных аварий и других обстоятельств, включая возможное использование радиоактивных веществ в злонамеренных целях (например, в радиологическом диспергирующем устройстве).

Рассматривались две группы сценариев (путей) облучения:

- сценарии облучения от недиспергированного (герметизированного) радиоактивного вещества, для которых вычислялось значение D_1-величины;
- сценарии облучения от диспергированного радиоактивного вещества, для которых вычислялось значение D_2-величины.

В табл. Д.1 для каждого сценария указаны (заштрихованные части таблицы) критические органы или ткани (органы-мишени), для которых рассчитывалась величина поглощенной дозы облучения. Исходя из значения вычисленной поглощенной дозы облучения и на основании выбранных дозовых критериев, приведенных в публикации [5], выбиралось значение *D*-величины (минимальное из D_1 и D_2 для соответствующих сценариев).

Таблица Д.1

Сценарии облучения, рассмотренные при вычислении значений *D*-величин

Орган или ткань	Сценарии вычисления D_1-величины		Сценарии вычисления D_2-величины			
	I	II	III	IV	V	VI
	Карман	Помещение	Ингаляция	Поступление с пищей	Загрязнение	Иммерсия
Красный костный мозг						
Толстый кишечник						
Область легких						
Кожные покровы						
Мягкие ткани						
Щитовидная железа						
Хрусталик глаза						
Репродуктивные органы						

Сценарии облучения от недиспергированного радиоактивного вещества:

- сценарий I "Карман", в котором предполагалось, что человек носил незащищенный источник в кармане, что приводило к локальным повреждениям мягких тканей в результате внешнего контактного облучения;
- сценарий II "Помещение", в котором предполагалось, что человек находился поблизости от незащищенного

источника в течение периода времени от нескольких дней до недели, что приводило к внешнему облучению всего тела человека.

Сценарии облучения от диспергированного радиоактивного вещества:

- сценарий III "Ингаляция", в котором предполагалось, что произошло диспергирование радиоактивного вещества источника в результате пожара, взрыва или другого воздействия (например, в результате применения радиологического диспергирующего устройства), что приводило к внутреннему облучению в результате поступления в организм человека находящегося в воздухе радиоактивного вещества через дыхательные пути;
- сценарий IV "Поступление с пищей", в котором использовался наиболее ограничительный из двух вариантов сценария. В первом варианте предполагалось, что источник имел утечку, затем его брали руками, что приводило к случайному (непреднамеренному) поступлению радиоактивного вещества в организм человека с пищей. Во втором варианте предполагалось, что источник был помещен в коммунальную систему водоснабжения, что приводило к загрязнению радиоактивным веществом воды, которую затем пили люди;
- сценарий V "Загрязнение", в котором предполагалось, что в результате утечки радиоактивного вещества из источника были загрязнены кожные покровы человека, что приводило к локальному внешнему облучению;
- сценарий VI "Иммерсия" (только для случая облучения благородными газами), в котором предполагалось, что произошел выброс радиоактивного благородного газа в помещение, что приводило к внешнему облучению находящихся в нем людей.

Добавление 2

Краткое описание методологии выбора и обоснования значений *D*-величин

В настоящем добавлении кратко описаны некоторые характеристики радионуклидов, значимые для определения значений *D*-величин. Более детально эти вопросы рассмотрены в публикации [5].

Распад и накопление дочерних продуктов

Каждый радионуклидный источник имеет вполне определенное время жизни, называемое жизненным циклом, которое начинается с момента его изготовления и заканчивается, когда источник переводится в категорию радиоактивных отходов. Физические свойства источника изменяются в течение этого периода. Активность материнского радионуклида на момент изготовления (начальная активность) уменьшается вследствие его распада, но в некоторых случаях возможно увеличение (накопление) активности образующихся дочерних радионуклидов.

Для большинства радионуклидов опасность источника уменьшается во времени вследствие уменьшения первоначальной активности материнского радионуклида. Однако для некоторых цепочек распада радионуклидов (например, Pu-241→Am-241) радиотоксичность дочерних радионуклидов больше для некоторых путей облучения, чем радиотоксичность материнского радионуклида, поэтому опасность источника может увеличиться с его возрастом. Источник, содержащий Pu-241 (период полураспада 14,4 года), наиболее опасен через 10 лет после изготовления, что обусловлено накоплением активности Am-241, образующегося в результате распада Pu-241. В этот момент на 1 Бк начальной активности Pu-241 приходится 0,62Бк Pu-241 и 0,012 Бк Am-241 (последний имеет существенно большую радиотоксичность по сравнению с Pu-241).

Время, когда источник может оказаться в аварийном (неконтролируемом) состоянии, непредсказуемо, и, следовательно, его активность в этот момент времени также непредсказуема. Чтобы учесть это обстоятельство, для всех радионуклидов *D*-величины были вычислены для наиболее опасной смеси ма-

теринских и дочерних радионуклидов. Однако значения *D*-величин (см. табл. П.1 приложения 1) указаны для начальной активности материнского радионуклида источника (до накопления дочерних продуктов распада).

Виды ионизирующего излучения, взаимодействие с веществом

В результате ядерных превращений радионуклидов могут генерироваться различные виды ионизирующего излучения. Для вычисления значений *D*-величин важны две группы ионизирующего излучения:

- излучение с высокой линейной передачей энергии, включая альфа-частицы и нейтроны;
- излучение с низкой линейной передачей энергии, включая бета-частицы и фотоны.

Ниже кратко рассмотрены свойства основных видов ионизирующего излучения и то, каким образом эти свойства учитывались при вычислении значений *D*-величин.

1. *Фотонное излучение*

Радионуклиды, излучающие фотоны, представляют опасность как внешнего, так и внутреннего облучения. Фотонное излучение - один из наиболее проникающих видов излучения - способно пройти без взаимодействия многие метры в воздухе и многие сантиметры в теле человека. Рассеяние фотонов в воздухе не вносит существенного вклада в дозу от источника, который находится на расстоянии 1 м от человека, соответственно это не принималось во внимание при вычислении значений D_1-величин. Однако многократное рассеяние фотонов в теле человека учитывалось при дозиметрических вычислениях.

2. *Нейтронное излучение*

Нейтроны теряют энергию прежде всего в результате взаимодействия с легкими ядрами. Поэтому они могут проходить метры в свинце, но эффективно задерживаются (поглощаются) водой или мягкими тканями тела человека. Взаимодействие нейтронов с веществом обычно приводит к образованию ядер отдачи и вторичных фотонов. Поэтому радионуклиды,

испускающие нейтроны, представляют собой опасность как внешнего, так и внутреннего облучения.

Один из видов источников нейтронов – радионуклиды, способные к спонтанному делению (например, Cf-252). Кроме того, некоторые (специально изготавливаемые) компактные смеси радионуклидов, испускающих альфа-частицы (например, Pu-239 и Am-241), с Be, C, N, O или F могут быть источниками нейтронов, образующихся в результате (α,*n*)-реакции. Источники типа Am-241/Be-9 и Pu-239/Be-9 часто используются как нейтронные источники для различных целей и могут представлять собой опасность внешнего облучения. Однако размер фрагментов таких источников, которые человек мог бы вдохнуть или проглотить в результате диспергирования вещества этих нейтронных источников, по имеющимся оценкам, слишком мал для эффективного образования нейтронного излучения за счет (α,*n*)-реакции. Поэтому для источников типа Am-241/Be-9 и Pu-239/Be-9 значения D_1-величин вычислены с учетом внешнего облучения нейтронами, образованными по (α,*n*)-реакции, но при вычислении значений D_2-величин внутреннее облучение нейтронами при поступлении в организм человека таких фрагментов не учитывалось.

3. *Бета-излучение*

Бета-излучающие радионуклиды обычно представляют собой опасность только внутреннего облучения в результате поступления их в организм человека или опасность внешнего облучения кожи в результате ее загрязнения. Однако если высокоэнергетические бета-частицы взаимодействуют с веществом, которое имеет высокий атомный номер *Z*, значительная часть их энергии может быть преобразована в фотоны тормозного излучения. По этой причине источники, содержащие радионуклиды, испускающие большое количество высокоэнергетических бета-частиц (например, Sr-90), могут представлять опасность внешнего облучения человека. Поэтому поглощенную дозу внешнего облучения, обусловленную тормозным излучением, в соответствующих случаях учитывали при вычислении значений D_1-величин. Образование тормозного излучения незначительно, если высокоэнергетические бета-частицы взаимодействуют с веществом, которое имеет низкий атомный номер *Z*, например, мягкие ткани тела человека. Поэтому этот

эффект не рассматривался при вычислении значений D_2-величин для сценариев внутреннего облучения при поступлении радионуклидов в организм человека.

4. *Альфа-излучение*

Альфа-излучение – наименее проникающий вид излучения. Альфа-частицы могут задерживаться внешними слоями кожи и обычно представляют собой опасность для здоровья человека только после того, как испускающий альфа-частицы радионуклид поступает в его организм. В некоторых случаях альфа-частицы могут взаимодействовать с легкими ядрами, образуя нейтроны по (α,*n*)-реакции.

Ограничения по критичности

Многие радионуклиды с атомным номером Z более 87 способны поддерживать цепную реакцию деления. Это свойство рассматривалось при выборе значений D-величин для таких радионуклидов. В тех случаях, когда масса вещества, соответствующая значению D-величины радионуклида (согласно вычислениям по одному из рассмотренных сценариев облучения), превышала предел, установленный для предотвращения критичности (подкритическую массу), в качестве значения D-величины выбиралась активность, соответствующая установленному пределу критичности для данного радионуклида. В табл. П.1 приложения 1 для таких радионуклидов сделаны соответствующие примечания.

Ограничения по химической токсичности

Выброс в воздух любого вещества может быть опасен для здоровья человека вследствие химической токсичности и других факторов, если концентрация этого вещества в воздухе достаточно высока. Некоторые радионуклиды из-за их низкой удельной активности имеют такие значения D-величин, для которых соответствующая масса воздушного выброса (при диспергировании) может быть потенциально опасной по нерадиологическим причинам, например, из-за высокой химической токсичности.

Оценка опасности радионуклидов для здоровья человека вследствие воздействия нерадиологических факторов не проводилась при выборе значений *D*-величин. Однако химическая токсичность радионуклидов для сценариев с диспергированием источников была рассмотрена путем сравнения концентрации, непосредственно опасной для жизни и здоровья людей (IDLH), с концентрацией радионуклида в воздухе в результате выброса вещества, масса которого соответствует значению D_2-величины. Результаты сравнения показали, что практически для всех радионуклидов концентрация в воздухе, соответствующая значению D_2-величины, оказалась в 10 раз ниже значения IDLH, а в большинстве случаев – в 1000 и более раз ниже значения IDLH.

Для тех радионуклидов, концентрация которых в воздухе, рассчитанная исходя из значения D_2-величины, оказалась сравнима или превысила значение IDLH, в табл. П.1 приложения 1 сделаны соответствующие примечания.

Добавление 3

Рекомендованные МАГАТЭ категории опасности для некоторых распространенных видов практической деятельности с использованием закрытых радионуклидных источников

В табл. Д.3 для некоторых наиболее распространенных видов практической деятельности с использованием ЗРнИ представлены рекомендованные МАГАТЭ категории опасности ЗРнИ.

Рекомендованные категории опасности ЗРнИ установлены не только на основе *A/D*-отношения, но и с учетом экспертных оценок специалистов МАГАТЭ, т.е. с рассмотрением дополнительных факторов (физико-химической формы вещества ЗРнИ, мобильности, опыта известных аварий в том или ином виде практической деятельности и т.п.). При этом для каждого конкретного вида практической деятельности, как правило, установлена единая рекомендованная категория, которая может не совпадать с расчетной категорией опасности ЗРнИ, используемого в этом виде практической деятельности, если его рассматривать безотносительно к виду деятельности. Например, в таком распространенном виде практической деятельности, как промышленная радиография (гамма-дефектоскопия), применяются ЗРнИ на основе различных радионуклидов и в широком диапазоне активностей. Если рассматривать гамма-дефектоскопы различных типов, используемые в них ЗРнИ могут быть отнесены к различным расчетным категориям опасности ЗРнИ (от категории 2 до категории 4). Однако экспертами МАГАТЭ был принят во внимание тот факт, что во всем мире наблюдается очень много случаев облучения людей именно при проведении дефектоскопических работ, и на этом основании МАГАТЭ рекомендует единую "завышенную" категорию 2 для любых ЗРнИ, применяемых в гамма-дефектоскопии. Аналогичные соображения учтены при выборе рекомендованных категорий и для ряда других видов практической деятельности.

Из этого общего правила есть несколько исключений. Например, для такого вида практической деятельности, как брахитерапия, в котором применяются ЗРнИ на основе различных радионуклидов и в очень широком диапазоне активностей, в три

отдельные категории выделены: брахитерапия высоких/средних мощностей доз (категория 2), брахитерапия малых мощностей доз (категория 4) и долговременные имплантанты (категория 5).

Строго говоря, обосновать различие между расчетной категорией и рекомендованной не представляется возможным, и по этой причине рекомендованные категории следует воспринимать именно как рекомендации в каждом конкретном случае. На практике в целях единообразия процедуры категорирования ЗРнИ категории видов практической деятельности (в российских документах – лицензируемые виды деятельности) следует отождествлять с расчетными категориями опасности ЗРнИ, используемых при их осуществлении, и в соответствии с установленными границами категорий опасности ЗРнИ (см. п. 2.2.4).

Табл. Д.3 полностью соответствует рекомендациям публикации [4], за исключением колонок 3 и 4, которые добавлены в таблицу с целью сделать ее более иллюстративной и увязать терминологию МАГАТЭ с российской терминологией и практикой регулирования радиационной безопасности, в частности, с документом [6].

Пояснения к табл. Д.3

Табл. Д.3 состоит из пяти разделов (по числу рекомендованных категорий).

Колонка 2 – ЗРнИ, применяемые в том или ином виде практической деятельности, причем "облучатель" по смыслу является синонимом ЗРнИ (или совокупности ЗРнИ).

Колонка 3 – наименование объекта применения лицензируемого вида деятельности с использованием ЗРнИ в составе радиационных источников (установок, аппаратов, оборудования, изделий) в терминологии российских нормативных документов;

Колонка 4 – код объекта применения лицензируемого вида деятельности, в соответствии с документом [6]:

201 – суда и иные плавсредства с радиационными источниками;

202 – космические аппараты с радиационными источниками;

203 – космические аппараты с использованием энергии радиоактивных веществ (РВ);

204 – летательные аппараты с радиационными источниками;

205 – комплексы, в которых содержатся РВ;

206 – установки, в которых содержатся РВ;

207 – аппараты, в которых содержатся РВ;

208 – оборудование, в котором содержатся РВ;

209 – изделия, в которых содержатся РВ;

501 – не относящиеся к ядерным материалам вещества, испускающие ионизирующее излучение.

Колонка 5 – обозначение радионуклида ЗРнИ.

Колонка 6 – значение активности ЗРнИ. Для каждого радионуклида и вида практической деятельности указаны максимальное, минимальное и типичное значения активности. Необходимо отметить, что значения "Макс", "Мин" и "Тип" в табл. Д.3 могут не соответствовать аналогичным значениям для российских установок, аппаратов и т.п., например, для промышленной радиографии в таблице нет данных по использованию ЗРнИ на основе Cs-137, хотя ЗРнИ с этим радионуклидом применяются в российских дефектоскопах.

Колонка 7 – значение *D*-величины для радионуклида ЗРнИ.

Колонка 8 – *A/D*-отношения для максимального, минимального и типичного значений активности ЗРнИ.

Колонка 9 – расчетная категория опасности ЗРнИ, основанная на вычисленном *A/D*-отношении, т.е. безотносительно к виду практической деятельности.

Таким образом, все виды практической деятельности с использованием ЗРнИ в составе каких-либо комплексов, установок, аппаратов, оборудования и т.п. могут быть соотнесены с одним из перечисленных выше объектов применения лицензируемой деятельности (коды 201–209, 501). Необходимо отметить, что в контексте настоящего Руководства синонимом "вид практической деятельности" является "типичная область применения" (ГОСТ 25926-90, МС ИСО 2919-80).

Таблица Д.3

Категории источников, используемых в некоторых распространенных видах практической деятельности

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность *A* (ТБк)		*D*-величина (ТБк)	*A/D*-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на *A/D*-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
Категория 1									
1	Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ)	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные энергетические устройства Радиоизотопные термоэлектрические генераторы (РИТЭГ), (α, β)	209	Sr-90	Макс	2,5E+04	1,E+00	2,5E+04	1
				Sr-90	Мин	3,3E+02	1,E+00	3,3E+02	2
				Sr-90	Тип	7,4E+02	1,E+00	7,4E+02	2
				Pu-238	Макс	1,0E+01	6,E-02	1,7E+02	2
				Pu-238	Мин	1,0E+00	6,E-02	1,7E+01	2
				Pu-238	Тип	1,0E+01	6,E-02	1,7E+02	2
2	Облучатели, используемые для стерилизации и консервации продуктов	Установки, в которых содержатся РВ Радиационные установки для стерилизации и консервации, (γ)	206	Co-60	Макс	5,6E+05	3,E-02	1,9E+07	1
				Co-60	Мин	1,9E+02	3,E-02	6,2E+03	1
				Co-60	Тип	1,5E+05	3,E-02	4,9E+06	1
				Cs-137	Макс	1,9E+05	1,E-01	1,9E+06	1
				Cs-137	Мин	1,9E+02	1,E-01	1,9E+03	1
				Cs-137	Тип	1,1E+05	1,E-01	1,1E+06	1

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность A (ТБк)		D-величина (ТБк)	A/D-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на A/D-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
3	Самоэкранированные облучатели	Установки, в которых содержатся РВ Радиоизотопные облучательные установки самозащищенные, с подвижным или неподвижным облучателем, (γ)	206	Cs-137	Макс	1,6E+03	1,E-01	1,6E+04	1
				Cs-137	Мин	9,3E+01	1,E-01	9,3E+02	2
				Cs-137	Тип	5,6E+02	1,E-01	5,6E+03	1
				Co-60	Макс	1,9E+03	3,E-02	6,2E+04	1
				Co-60	Мин	5,6E+01	3,E-02	1,9E+03	1
				Co-60	Тип	9,3E+02	3,E-02	3,1E+04	1
4	Облучатели крови/ткани	Установки, в которых содержатся РВ Медицинская радиология Радиоизотопные установки для стерилизации крови, (γ)	206	Cs-137	Макс	4,4E+02	1,E-01	4,4E+03	1
				Cs-137	Мин	3,7E+01	1,E-01	3,7E+02	2
				Cs-137	Тип	2,6E+02	1,E-01	2,6E+03	1
				Co-60	Макс	1,1E+02	3,E-02	3,7E+03	1
				Co-60	Мин	5,6E+01	3,E-02	1,9E+03	1
				Co-60	Тип	8,9E+01	3,E-02	3,0E+03	1
5	Источники для многолучевой телетерапии (гамма-нож)	Аппараты, в которых содержатся РВ Лучевая терапия (гамма-нож), (γ)	207	Co-60	Макс	3,7E+02	3,E-02	1,2E+04	1
				Co-60	Мин	1,5E+02	3,E-02	4,9E+03	1
				Co-60	Тип	2,6E+02	3,E-02	8,6E+03	1
6	Источники для телетерапии	Аппараты, в которых содержатся РВ Лучевая терапия Радиоизотопные терапевтические аппараты, (γ)	207	Co-60	Макс	5,6E+02	3,E-02	1,9E+04	1
				Co-60	Мин	3,7E+01	3,E-02	1,2E+03	1
				Co-60	Тип	1,5E+02	3,E-02	4,9E+03	1
				Cs-137	Макс	5,6E+01	1,E-01	5,6E+02	2
				Cs-137	Мин	1,9E+01	1,E-01	1,9E+02	2
				Cs-137	Тип	1,9E+01	1,E-01	1,9E+02	2

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность *A* (ТБк)		*D*-величина (ТБк)	*A/D*-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на *A/D*-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
Категория 2									
7	Источники для промышленной радиографии	Аппараты, в которых содержатся РВ Гамма-дефектоскопия Радиоизотопные дефектоскопы, (γ)	207	Co-60	Макс	7,4E+00	3,E-02	2,5E+02	2
				Co-60	Мин	4,1E-01	3,E-02	1,4E+01	2
				Co-60	Тип	2,2E+00	3,E-02	7,4E+01	2
				Ir-192	Макс	7,4E+00	8,E-02	9,3E+01	2
				Ir-192	Мин	1,9E-01	8,E-02	2,3E+00	3
				Ir-192	Тип	3,7E+00	8,E-02	4,6E+01	2
				Se-75	Макс	3,0E+00	2,E-01	1,5E+01	2
				Se-75	Мин	3,0E+00	2,E-01	1,5E+01	2
				Se-75	Тип	3,0E+00	2,E-01	1,5E+01	2
				Yb-169	Макс	3,7E-01	3,E-01	1,2E+00	3
				Yb-169	Мин	9,3E-02	3,E-01	3,1E-01	4
				Yb-169	Тип	1,9E-01	3,E-01	6,2E-01	4
				Tm-170	Макс	7,4E+00	2,E+01	3,7E-01	4
				Tm-170	Мин	7,4E-01	2,E+01	3,7E-02	4
				Tm-170	Тип	5,6E+00	2,E+01	2,8E-01	4
8	Источники для брахитерапии высоких/средних мощностей доз	Аппараты, в которых содержатся РВ Лучевая терапия Радиоизотопные терапевтические аппараты, (γ)	207	Co-60	Макс	7,4E-01	3,E-02	2,5E+01	2
				Co-60	Мин	1,9E-01	3,E-02	6,2E+00	3
				Co-60	Тип	3,7E-01	3,E-02	1,2E+01	2
				Cs-137	Макс	3,0E-01	1,E-01	3,0E+00	3
				Cs-137	Мин	1,1E-01	1,E-01	1,1E+00	3
				Cs-137	Тип	1,1E-01	1,E-01	1,1E+00	3

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность *A* (ТБк)		*D*-величина (ТБк)	*A/D*-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на *A/D*-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
				Ir-192	Макс	4,4E-01	8,E-02	5,6E+00	3
				Ir-192	Мин	1,1E-01	8,E-02	1,4E+00	3
				Ir-192	Тип	2,2E-01	8,E-02	2,8E+00	3
9	Калибровочные источники [1]	Установки, в которых содержатся РВ *Установки метрологического* назначения с образцовыми эталонными источниками излучения, (γ)	206	Co-60	Макс	1,2E+00	3,E-02	4,1E+01	2
				Co-60	Мин	2,0E-02	3,E-02	6,8E-01	4
				Co-60	Тип	7,4E-01	3,E-02	2,5E+01	2
				Cs-137	Макс	1,1E+02	1,E-01	1,1E+03	1
				Cs-137	Мин	5,6E-02	1,E-01	5,6E-01	4
				Cs-137	Тип	2,2E+00	1,E-01	2,2E+01	2
Категория 3									
10	Уровнемеры	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы (уровнемеры), (γ)	209	Cs-137	Макс	1,9E-01	1,E-01	1,9E+00	3
				Cs-137	Мин	3,7E-02	1,E-01	3,7E-01	4
				Cs-137	Тип	1,9E-01	1,E-01	1,9E+00	3
				Co-60	Макс	3,7E-01	3,E-02	1,2E+01	2
				Co-60	Мин	3,7E-03	3,E-02	1,2E-01	4
				Co-60	Тип	1,9E-01	3,E-02	6,2E+00	3
11	Калибровочные источники [1]	Установки, в которых содержатся РВ *Эталонные и калибровочные ЗРнИ*, (α)	206	Am-241	Макс	7,4E-01	6,E-02	1,2E+01	2
				Am-241	Мин	1,9E-01	6,E-02	3,1E+00	3
				Am-241	Тип	3,7E-01	6,E-02	6,2E+00	3
12	Конвейерные датчики	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы (сигнализаторы	209	Cs-137	Макс	1,5E+00	1,E-01	1,5E+01	2
				Cs-137	Мин	1,1E-04	1,E-01	1,1E-03	5
				Cs-137	Тип	1,1E-01	1,E-01	1,1E+00	3

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность A (ТБк)		D-величина (ТБк)	A/D-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на A/D-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
		наличия/отсутствия), (γ, α)		Cf-252	Макс	1,4E-03	2,E-02	6,8E-02	4
				Cf-252	Мин	1,4E-03	2,E-02	6,8E-02	4
				Cf-252	Тип	1,4E-03	2,E-02	6,8E-02	4
13	Средства измерений на доменных печах	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы (уровнемеры), (γ)	209	Co-60	Макс	7,4E-02	3,E-02	2,5E+00	3
				Co-60	Мин	3,7E-02	3,E-02	1,2E+00	3
				Co-60	Тип	3,7E-02	3,E-02	1,2E+00	3
14	Датчики землечерпалок	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы, (γ)	209	Co-60	Макс	9,6E-02	3,E-02	3,2E+00	3
				Co-60	Мин	9,3E-03	3,E-02	3,1E-01	4
				Co-60	Тип	2,8E-02	3,E-02	9,3E-01	4
				Cs-137	Макс	3,7E-01	1,E-01	3,7E+00	3
				Cs-137	Мин	7,4E-03	1,E-01	7,4E-02	4
				Cs-137	Тип	7,4E-02	1,E-01	7,4E-01	4
15	Вращающиеся измерители толщины стенок труб	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы (толщиномеры), (γ)	209	Cs-137	Макс	1,9E-01	1,E-01	1,9E+00	3
				Cs-137	Мин	7,4E-02	1,E-01	7,4E-01	4
				Cs-137	Тип	7,4E-02	1,E-01	7,4E-01	4
16	Пусковые источники исследовательских реакторов	Изделия, в которых содержатся РВ Пусковые источники излучения, (n)	209	Am-241/Be	Макс	1,9E-01	6,E-02	3,1E+00	3
				Am-241/Be	Мин	7,4E-02	6,E-02	1,2E+00	3
				Am-241/Be	Тип	7,4E-02	6,E-02	1,2E+00	3
17	Источники для геофизических средств измерений и каротажа скважин	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы Скважинные приборы, применяемые	209	Am-241/Be	Макс	8,5E-01	6,E-02	1,4E+01	2
				Am-241/Be	Мин	1,9E-02	6,E-02	3,1E-01	4
				Am-241/Be	Тип	7,4E-01	6,E-02	1,2E+01	2

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (*областях применения*) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность *A* (ТБк)		*D*-величина (ТБк)	*A/D*-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на *A/D*-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
		при геофизических исследованиях и каротаже, (γ, *n*)		Cs-137	Макс	7,4E-02	1,E-01	7,4E-01	4
				Cs-137	Мин	3,7E-02	1,E-01	3,7E-01	4
				Cs-137	Тип	7,4E-02	1,E-01	7,4E-01	4
				Cf-252	Макс	4,1E-03	2,E-02	2,0E-01	4
				Cf-252	Мин	1,0E-03	2,E-02	5,0E-02	4
				Cf-252	Тип	1,1E-03	2,E-02	5,6E-02	4
18	Кардиостимуляторы	Изделия, в которых содержатся РВ Источники излучения, применяемые в кардиологии, (α)	209	Pu-238	Макс	3,0E-01	6,E-02	4,9E+00	3
				Pu-238	Мин	1,1E-01	6,E-02	1,8E+00	3
				Pu-238	Тип	1,1E-01	6,E-02	1,9E+00	3
19	Калибровочные источники [1]	Изделия, в которых содержатся РВ Эталонные и калибровочные источники излучения, (*n*)	209	Pu-239/Be	Макс	3,7E-01	6,E-02	6,2E+00	3
				Pu-239/Be	Мин	7,4E-02	6,E-02	1,2E+00	3
				Pu-239/Be	Тип	1,1E-01	6,E-02	1,9E+00	3
Категория 4									
20	Источники для брахитерапии низких мощностей доз	Не относящиеся к ядерным материалам вещества, испускающие ионизирующее излучение Радиоизотопная терапия, (α, β, γ, ЭЗ)	501	Cs-137	Макс	2,6E-02	1,E-01	2,6E-01	4
				Cs-137	Мин	3,7E-04	1,E-01	3,7E-03	5
				Cs-137	Тип	1,9E-02	1,E-01	1,9E-01	4
				Ra-226	Макс	1,9E-03	4,E-02	4,6E-02	4
				Ra-226	Мин	1,9E-04	4,E-02	4,6E-03	5
				Ra-226	Тип	5,6E-04	4,E-02	1,4E-02	4
				I-125	Макс	1,5E-03	2,E-01	7,4E-03	5
				I-125	Мин	1,5E-03	2,E-01	7,4E-03	5
				I-125	Тип	1,5E-03	2,E-01	7,4E-03	5

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность *A* (ТБк)		*D*-величина (ТБк)	*A/D*-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на *A/D*-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
				Ir-192	Макс	2,8E-02	8,E-02	3,5E-01	4
				Ir-192	Мин	7,4E-04	8,E-02	9,3E-03	5
				Ir-192	Тип	1,9E-02	8,E-02	2,3E-01	4
				Au-198	Макс	3,0E-03	2,E-01	1,5E-02	4
				Au-198	Мин	3,0E-03	2,E-01	1,5E-02	4
				Au-198	Тип	3,0E-03	2,E-01	1,5E-02	4
				Cf-252	Макс	3,1E-03	2,E-02	1,5E-01	4
				Cf-252	Мин	3,1E-03	2,E-02	1,5E-01	4
				Cf-252	Тип	3,1E-03	2,E-02	1,5E-01	4
21	Толщиномеры	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы (толщиномеры), (α, β, γ, ЭЗ)	209	Kr-85	Макс	3,7E-02	3,E+01	1,2E-03	5
				Kr-85	Мин	1,9E-03	3,E+01	6,2E-05	5
				Kr-85	Тип	3,7E-02	3,E+01	1,2E-03	5
				Sr-90	Макс	7,4E-03	1,E+00	7,4E-03	5
				Sr-90	Мин	3,7E-04	1,E+00	3,7E-04	5
				Sr-90	Тип	3,7E-03	1,E+00	3,7E-03	5
				Am-241	Макс	2,2E-02	6,E-02	3,7E-01	4
				Am-241	Мин	1,1E-02	6,E-02	1,9E-01	4
				Am-241	Тип	2,2E-02	6,E-02	3,7E-01	4
				Pm-147	Макс	1,9E-03	4,E+01	4,6E-05	5
				Pm-147	Мин	7,4E-05	4,E+01	1,9E-06	5
				Pm-147	Тип	1,9E-03	4,E+01	4,6E-05	5
				Cm-244	Макс	3,7E-02	5,E-02	7,4E-01	4

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность *A* (ТБк)		*D*-величина (ТБк)	*A/D*-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на *A/D*-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
				Cm-244	Мин	7,4E-03	5,E-02	1,5E-01	4
				Cm-244	Тип	1,5E-02	5,E-02	3,0E-01	4
22	Средства измерений уровня заполнения	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы (уровнемеры), (α, γ)	209	Am-241	Макс	4,4E-03	6,E-02	7,4E-02	4
				Am-241	Мин	4,4E-04	6,E-02	7,4E-03	5
				Am-241	Тип	2,2E-03	6,E-02	3,7E-02	4
				Cs-137	Макс	2,4E-03	1,E-01	2,4E-02	4
				Cs-137	Мин	1,9E-03	1,E-01	1,9E-02	4
				Cs-137	Тип	2,2E-03	1,E-01	2,2E-02	4
				Co-60	Макс	1,9E-02	3,E-02	6,2E-01	4
				Co-60	Мин	1,9E-04	3,E-02	6,2E-03	5
				Co-60	Тип	8,7E-04	3,E-02	2,9E-02	4
23	Калибровочные источники [1]	Изделия, в которых содержатся РВ Эталонные и калибровочные источники излучения, (β)	209	Sr-90	Макс	7,4E-02	1,E+00	7,4E-02	4
				Sr-90	Мин	7,4E-02	1,E+00	7,4E-02	4
				Sr-90	Тип	7,4E-02	1,E+00	7,4E-02	4
24	Датчики влажности	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы (влагомеры, концентраторы пыли, золомеры), (*n*)	209	Am-241/Be	Макс	3,7E-03	6,E-02	6,2E-02	4
				Am-241/Be	Мин	1,9E-03	6,E-02	3,1E-02	4
				Am-241/Be	Тип	1,9E-03	6,E-02	3,1E-02	4
25	Плотномеры	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы (плотномеры), (γ)	209	Cs-137	Макс	3,7E-04	1,E-01	3,7E-03	5
				Cs-137	Мин	3,0E-04	1,E-01	3,0E-03	5
				Cs-137	Тип	3,7E-04	1,E-01	3,7E-03	5

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность A (ТБк)		D-величина (ТБк)	A/D-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на A/D-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
26	Средства измерения влажности/плотности	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы (влагомеры/плотномеры), (α, γ)	209	Am-241/Be	Макс	3,7E-03	6,E-02	6,2E-02	4
				Am-241/Be	Мин	3,0E-04	6,E-02	4,9E-03	5
				Am-241/Be	Тип	1,9E-03	6,E-02	3,1E-02	4
				Cs-137	Макс	4,1E-04	1,E-01	4,1E-03	5
				Cs-137	Мин	3,7E-05	1,E-01	3,0E-04	5
				Cs-137	Тип	3,7E-04	1,E-01	3,7E-03	5
				Ra-226	Макс	1,5E-04	4,E-02	3,7E-03	5
				Ra-226	Мин	7,4E-05	4,E-02	1,9E-03	5
				Ra-226	Тип	7,4E-05	4,E-02	1,9E-03	5
				Cf-252	Макс	2,6E-06	2,E-02	1,3E-04	5
				Cf-252	Мин	1,1E-06	2,E-02	5,6E-05	5
				Cf-252	Тип	2,2E-06	2,E-02	1,1E-04	5
27	Источники для костной денситометрии	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопные приборы (денситометры/плотномеры), (α, ЭЗ)	209	Cd-109	Макс	7,4E-04	2,E+01	3,7E-05	5
				Cd-109	Мин	7,4E-04	2,E+01	3,7E-05	5
				Cd-109	Тип	7,4E-04	2,E+01	3,7E-05	5
				Gd-153	Макс	5,6E-02	1,E+00	5,6E-02	4
				Gd-153	Мин	7,4E-04	1,E+00	7,4E-04	5
				Gd-153	Тип	3,7E-02	1,E+00	3,7E-02	4
				I-125	Макс	3,0E-02	2,E-01	1,5E-01	4
				I-125	Мин	1,5E-03	2,E-01	7,4E-03	5
				I-125	Тип	1,9E-02	2,E-01	9,3E-02	4
				Am-241	Макс	1,0E-02	6,E-02	1,7E-01	4

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность *A* (ТБк)		*D*-величина (ТБк)	*A/D*-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на *A/D*-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
				Am-241	Мин	1,0E-03	6,E-02	1,7E-02	4
				Am-241	Тип	5,0E-03	6,E-02	8,3E-02	4
28	Нейтрализаторы статического электричества	Изделия, в которых содержатся РВ Нейтрализаторы статического электричества, (α)	209	Am-241	Макс	4,1E-03	6,E-02	6,8E-02	4
				Am-241	Мин	1,1E-03	6,E-02	1,9E-02	4
				Am-241	Тип	1,1E-03	6,E-02	1,9E-02	4
				Po-210	Макс	4,1E-03	6,E-02	6,8E-02	4
				Po-210	Мин	1,1E-03	6,E-02	1,9E-02	4
				Po-210	Тип	1,1E-03	6,E-02	1,9E-02	4
29	Диагностические изотопные генераторы	Изделия, в которых содержатся РВ Радиоизотопная диагностика, (γ)	209	Mo-99	Макс	3,7E-01	3,E-01	1,2E+00	3
				Mo-99	Мин	3,7E-02	3,E-01	1,2E-01	4
				Mo-99	Тип	3,7E-02	3,E-01	1,2E-01	4
Категория 5									
31	Источники для рентгенофлуоресцентных анализаторов (РФА)	Изделия, в которых содержатся РВ ЗРнИ, применяемые в рентгенофлуоресцентных анализаторах, (β, ЭЗ)	209	Fe-55	Макс	5,0E-03	8,E+02	6,2E-06	5
				Fe-55	Мин	1,1E-04	8,E+02	1,4E-07	5
				Fe-55	Тип	7,4E-04	8,E+02	9,3E-07	5
				Cd-109	Макс	5,6E-03	2,E+01	2,8E-04	5
				Cd-109	Мин	1,1E-03	2,E+01	5,6E-05	5
				Cd-109	Тип	1,1E-03	2,E+01	5,6E-05	5
				Co-57	Макс	1,5E-03	7,E-01	2,1E-03	5
				Co-57	Мин	5,6E-04	7,E-01	7,9E-04	5
				Co-57	Тип	9,3E-04	7,E-01	1,3E-03	5

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность A (ТБк)		D-величина (ТБк)	A/D-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на A/D-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
32	Источники датчиков электронного захвата	Изделия, в которых содержатся РВ Установки контроля герметичности электронозахватные Преобразователи электронозахватные, (β-)	209	Ni-63	Макс	7,4E-04	6,E+01	1,2E-05	5
				Ni-63	Мин	1,9E-04	6,E+01	3,1E-06	5
				Ni-63	Тип	3,7E-04	6,E+01	6,2E-06	5
				H-3	Макс	1,1E-02	2,E+03	5,6E-06	5
				H-3	Мин	1,9E-03	2,E+03	9,3E-07	5
				H-3	Тип	9,3E-03	2,E+03	4,6E-06	5
33	Громоотводы	Изделия, в которых содержатся РВ ЗРнИ, применяемые в громоотводах, (α, β-)	209	Am-241	Макс	4,8E-04	6,E-02	8,0E-03	5
				Am-241	Мин	4,8E-05	6,E-02	8,0E-04	5
				Am-241	Тип	4,8E-05	6,E-02	8,0E-04	5
				Ra-226	Макс	3,0E-06	4,E-02	7,4E-05	5
				Ra-226	Мин	2,6E-07	4,E-02	6,5E-06	5
				Ra-226	Тип	1,1E-06	4,E-02	2,8E-05	5
				H-3	Макс	7,4E-03	2,E+03	3,7E-06	5
				H-3	Мин	7,4E-03	2,E+03	3,7E-06	5
				H-3	Тип	7,4E-03	2,E+03	3,7E-06	5
34	Источники для брахитерапии: малых мощностей доз: глазные аппликаторы и долговременные имплантанты	Не относящиеся к ядерным материалам вещества, испускающие ионизирующее излучение Радиоизотопная терапия, (β-)	501	Sr-90	Макс	1,5E-03	1,E+00	1,5E-03	5
				Sr-90	Мин	7,4E-04	1,E+00	7,4E-04	5
				Sr-90	Тип	9,3E-04	1,E+00	9,3E-04	5
				Ru/Rh-106	Макс	2,2E-05	3,E-01	7,4E-05	5
				Ru/Rh-106	Мин	8,1E-06	3,E-01	2,7E-05	5
				Ru/Rh-106	Тип	2,2E-05	3,E-01	7,4E-05	5
				Pd-103	Макс	1,1E-03	9,E+01	1,2E-05	5

№ п/п	Источники в различных видах практической деятельности (областях применения) в терминологии МАГАТЭ	Объекты применения лицензируемых видов деятельности в терминологии Ростехнадзора		Радионуклид	Активность *A* (ТБк)		*D*-величина (ТБк)	*A/D*-отношение	Расчетная категория опасности, основанная на *A/D*-отношении
		Наименование	Код						
1	2	3	4	5	6		7	8	9
				Pd-103	Мин	1,1E-03	9,E+01	1,2E-05	5
				Pd-103	Тип	1,1E-03	9,E+01	1,2E-05	5
35	Контрольные источники для позитронной эмиссионной томографии	Аппараты, в которых содержатся РВ Медицинская диагностика, (ЭЗ)	207	Ge-68	Макс	3,7E-04	7,E-01	5,3E-04	5
				Ge-68	Мин	3,7E-05	7,E-01	5,3E-05	5
				Ge-68	Тип	1,1E-04	7,E-01	1,6E-04	5
36	Источники для мессбауэровской спектрометрии	Установки, в которых содержатся РВ Установки ядерного гамма-резонанса, (β)	206	Co-57	Макс	3,7E-03	7,E-01	5,3E-03	5
				Co-57	Мин	1,9E-04	7,E-01	2,6E-04	5
				Co-57	Тип	1,9E-03	7,E-01	2,6E-03	5
37	Тритиевые мишени	Изделия, в которых содержатся РВ Тритиевые мишени, (β-)	209	H-3	Макс	1,1E+00	2,E+03	5,6E-04	5
				H-3	Мин	1,1E-01	2,E+03	5,6E-05	5
				H-3	Тип	2,6E-01	2,E+03	1,3E-04	5

Примечание.

Калибровочные источники указаны во всех категориях, кроме категории 1. Они приведены в таблице для соответствующих категорий и в соответствии с радионуклидом и активностью. Регулирующий орган может изменить это назначение на основе конкретных значимых факторов и обстоятельств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency - Updating IAEA-TECDOC-953, Emergency Preparedness and Response Series, EPR-Method 2003, Vienna, 2003.
2. Categorization of radioactive sources, IAEA-TECDOC-1344, IAEA, Vienna, 2003.
3. Кодекс поведения по обеспечению безопасности и сохранности радиоактивных источников, IAEA/CODEOC/2004, МАГАТЭ, Вена, 2004.
4. Категоризация радиоактивных источников, Серия норм МАГАТЭ по безопасности № RS-G-1.9, МАГАТЭ, Вена, 2005.
5. Dangerous quantities of radioactive material (*D*-values), Emergency Preparedness and Response Series, EPR-D-VALUES, Vienna, 2006.
6. О лицензировании деятельности в области использования атомной энергии. Приказ Госатомнадзора России от 6 сентября 1999 г. № 91.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение и область применения 3
2. Категорирование закрытых радионуклидных источников по потенциальной радиационной опасности 4
2.1. Концепция "опасного источника" 4
2.2. Нормирующий фактор (*D*-величина) и границы категорий опасности закрытых радионуклидных источников 6
2.3. Категорирование закрытых радионуклидных источников на основе одного радионуклида 7
2.4. Категорирование совокупности нескольких закрытых радионуклидных источников 8
Приложение 1. Значения *D*-величин для радионуклидов 10
Приложение 2. Упрощенное описание категорий опасности закрытых радионуклидных источников 22
Добавление 1. Сценарии облучения, рассмотренные при вычислении значений *D*-величин 28
Добавление 2. Краткое описание методологии выбора и обоснования значений *D*-величин 31
Добавление 3. Рекомендованные МАГАТЭ категории опасности для некоторых распространенных видов практической деятельности с использованием закрытых радионуклидных источников 36
Библиографические ссылки 51

РУКОВОДСТВА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

МЕТОДИКА КАТЕГОРИРОВАНИЯ ЗАКРЫТЫХ РАДИОНУКЛИДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ

РБ-042-07

Ответственный за выпуск Синицына Т.В.
Верстка Зернова Э.П., Тарасова В.П.

Отпечатано в НТЦ ЯРБ
Тираж 100 экз.

gost.e-ecolog.ru